

KAPASITAS BALOK BETON *GEOPOLYMER* BERTULANG DENGAN VARIASI DIMENSI TULANGAN

Tugas Akhir

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil



diajukan oleh:

Luhur Prakasiwi
NIM : D 100 100 046

kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

KAPASITAS BALOK BETON *GEOPOLYMER* BERTULANG DENGAN VARIASI DIMENSI TULANGAN

Tugas Akhir

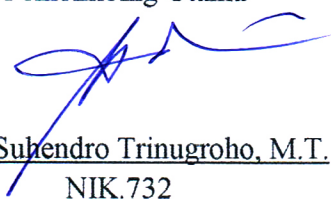
Diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran
Tugas Akhir dihadapan Dewan Penguji pada tanggal, 1 September 2016

diajukan oleh:

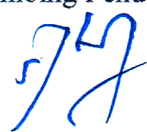
Luhur Prakasiwi
NIM : D 100 100 046

Susunan Dewan Penguji

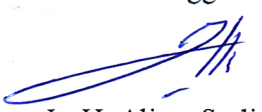
Pembimbing Utama


Ir. Suhendro Trinugroho, M.T.
NIK.732

Pembimbing Pendamping


Budi Setiawan, S.T., M.T.
NIK.783

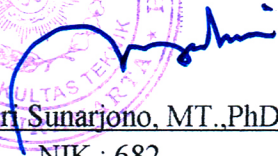
Anggota :


Ir. H. Aliem Sudjatmiko, M.T.
NIP : 131683033

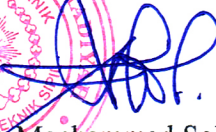
Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil.
Surakarta

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik


Ir. Sri Sunarjono, MT., PhD.
NIK : 682

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Dr. Mochammad Solikin
NIK : 792

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir yang berjudul **“KAPASITAS BALOK BETON GEOPOLYMER BERTULANG DENGAN VARIASI DIMENSI TULANGAN”** telah disetujui oleh pembimbing Tugas Akhir dan diterima untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh gelar S-1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : Luhur Prakasiwi

Nim : D100 100 046

Disetujui pada

Hari : *Senin*

Tanggal : *26 September 2016*

Pembimbing



Ir. Suhendro Trinugoho, M.T.

NIK. 732

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Luhur Prakasiwi

NIM : D 100 100 046

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Sipil

Judul : Kapasitas Balok Beton *Geopolymer* dengan Variasi Dimensi Tulangan.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir yang saya buat dan serahkan ini, merupakan hasil karya saya bersama bapak Ir. H. Suhendro Trinugroho, M.T., bukan jiplakan dari orang lain. Kecuali kutipan dan ringkasan pendapat atau temuan orang lain yang telah saya jelaskan sumbernya berdasarkan kode etik ilmiah. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa karya ilmiah saya adalah hasil jiplakan, saya bersedia bertanggung jawab sepenuhnya.

Surakarta, 24 September 2016
Yang Membuat Pernyataan



(Luhur Prakasiwi)

MOTTO

“Maha suci Engkau ya Allah, kami tidak mempunyai ilmu, hanya terbatas sepanjang yang pernah Engkau ajarkan kepada kami saja. Sesungguhnya Engkau

Maha Tahu dan Bijaksana”

(QS. Al baqarah : 32)

Ilmu pengetahuan tanpa agama lumpuh, agama tanpa ilmu pengetahuan buta.

(Albert Einstein)

Setiap orang mempunyai talenta, tetapi talenta tanpa kerja keras tidak berarti apa-

apa

(CR7)

Keajaiban hanya terjadi kepada orang-orang yang pantang menyerah

(Emporio Ivankov)

Kegagalan yang sebenarnya adalah ketika kita berhenti untuk mencoba

(NN)

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Wr Wb.

Alhamdulillah, segala puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah Swt atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penyusunan Tugas Akhir dapat diselesaikan. Tugas Akhir ini disusun guna melengkapi persyaratan untuk menyelesaikan program studi S1 pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dengan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

- 1). Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 2). Bapak Dr. Mochamad Solikin selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 3). Bapak Ir. Suhendro Trinugroho, M.T., selaku Pembimbing Utama serta selaku pembimbing akademik saya yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan.
- 4). Bapak Budi Setiawan, S.T., M.T., selaku Pembimbing pendamping yang juga telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya Tugas Akhir ini.
- 5). Bapak Ir. Aliem Sudjatmiko, MT., selaku Dosen Penguji Tugas Akhir saya.
- 6). Bapak dan ibu dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta terimakasih atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.
- 7). Kedua orang tuaku dan kakak-kakak saya yang tercinta terimakasih atas doanya, sehingga saya mampu menjalani semua ini.
- 8). Para Penghuni Lab. jilid II yang sudah membantu serta memberi masukan pada saat pengerjaan pembuatan benda uji.
- 9). Teman-teman angkatan 2010 yang banyak membantu.
- 10). Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan dan semoga laporan ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Surakarta, September 2016

Penyusun

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, dengan penuh perjuangan, do'a dan usaha tiada henti dan dengan rasa syukur yang sebesar-besarnya ku persembahkan sebuah karya kecil ini teruntuk

:

Yang satu dan tiada dua-nya "Allah Swt"

Sembah sujud syukur kepadamu ya Allah. Taburan cinta dan kasih sayangMu telah memberiku kekuatan serta membekaliku dengan ilmu. Sekiranya lautan menjadi tinta untuk menulis kalimat-kalimat tentangMu, maka habislah lautan itu sebelum habis ditulis kalimat-kalimat tentangMu. Atas Rahmat, Hidayah, Karunia dan Kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan.

Bapak Tercinta

Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Bapak yang telah mengasuhku, membesarkanku dengan penuh cinta dan kasih sayang. Terima kasih atas do'a, nasihat, dukungan, pengorbanan, perjuangan, tetesan keringat dan air mata yang tak terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Bapak bangga dan bahagia, karena kusadar selama ini belum bisa berbuat apa-apa.

"Terima Kasih"

Ibuku Sayang

Ribuan kilo jalan yang kau tempuh, lewati rintangan untuk aku anakmu. Ibuku sayang, masih terus berjalan, walau tapak kaki penuh darah penuh nanah. Seperti udara kasih yang Ibu berikan hanya mampu ku membalas dengan selembar kertas yang bertuliskan nama Ibu. Terimakasih untuk semua waktu yang Ibu berikan.

Kelak aku akan menjadi anak yang dapat Ibu banggakan.

Kakak-kakakku

Dian Istiqlal dan Dwi Aula Utami. Terima kasih atas do'a, dukungan, bantuan dan kebersamaannya selama ini, hanya karya ini yang dapat aku persembahkan pada kalian untuk saat ini. Maafkan jika belum bisa menjadi seorang adik yang dapat kalian banggakan.

The only one "Charirrotus Sa'adah"

Sebagai tanda cinta dan kasih sayangku, Aku persembahkan karya kecil dan sederhana ini untukmu. Terima kasih atas cinta, kasih sayang, perhatian, kesabaran serta kebersamaannya selama ini. Kelak aku akan menjadi seorang pria dewasa terkerem di matamu. Dan maaf karena sudah membuatmu menunggu terlalu lama.
"Terima kasih Sayang"

Black Dragon

Aswan toyib, Nurainim sariminthi, Kiki Jarwadi, Ambar bagong, Eka pacul, Aroyan L, Agus bispak, Agung Gigol, Eko "kodok" Yuliaritno, Nana Fitri, Lilik bohay, Bamsky Ciwo, Mamik P, Andiva, Achmad Simbah, Wicaksono Oon, Sapto, Ashar, dan teman-teman angkatan 2010 lainnya. Terima kasih atas semua bantuan, waktu, kebersamaan dan semua kenangan kita. Inilah karya tidak sempurna yang aku persembahkan untuk kalian semua dan KALIAN LUAR BIASA!!

Penghuni Wisma Melati

Santo Bolu, Febrian titin, Ponco limo, sando S, Mamat, Yudha Gondrong, terimakasih, kalianlah saudara-saudaraku selama ini. Semoga kelak kita bisa berkumpul kembali. Dan tak lupa Ibu Juni & Pak Paryono terimakasih banyak.

Kampus Kebanggaanku "Universitas Muhammadiyah Surakarta"

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR.....	vi
PERSEMBAHAN	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
ABSTRAKSI	xx
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Manfaat Penelitian.....	2
E. Batasan Masalah.....	2
F. Keaslian Penelitian	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Beton <i>Geopolymer</i>	4
B. Balok beton bertulang	4
C. Kuat beton terhadap gaya tekan	4
D. Kuat lentur balok	5
E. <i>Binder</i>	5
1) <i>Fly ash</i>	5
2) <i>Alkaline aktifator</i>	7

BAB III LANDASAN TEORI

A. Pengertian beton <i>geopolymer</i>	9
B. Beton bertulang	9
C. Balok beton bertulang	10
D. Bahan Penyusun Beton Bertulang.....	10
1). Solid Material	10
2). <i>Alkaline aktifator</i>	11
3). Agregat.....	11
4). Air	12
E. Pengujian Tarik baja	12
F. Perencanaan Campuran beton	13
G. Pengujian Beton	14
1). Kuat tekan beton	14
2). Kuat lentur balok beton bertulang	15
3). Momen kapasitas balok beton bertulang	15

BAB IV METODE PENELITIAN

A. Bahan Penelitian	18
1) Air	18
2) Agregat kasar (<i>Split</i>)	18
3) Agregat halus (Pasir).....	19
4) Fly ash	20
5) <i>Alkaline Activator</i>	20
6) Tulangan baja	20
7) Kawat bendrat	21
B. Peralatan Penelitian	21
1) Timbangan	21
2) Saringan.....	22
3) <i>Vibrator</i>	22
4) Cawan	23
5) <i>Oven</i>	23
6) <i>Heliege tester</i>	24

7) Gelas ukur	24
8) <i>Picnometer</i>	25
9) Kerucut <i>Conus</i> dan <i>Tamper</i>	25
10) Mesin <i>Los Angeles</i>	26
11) Begisting	26
12) Kerucut <i>Abram's</i>	27
13) Molen	27
14) Bak tempat perendaman benda uji	27
15) <i>Universal Testing machine</i>	28
16) Alat uji kuat lentur	28
17) Peralatan penunjang	29
C. Tahapan Penelitian	29
1) Tahap I	29
2) Tahap II	29
3) Tahap III	29
4) Tahap IV	29
5) Tahap V	30
6) Tahap VI	30
D. Pelaksanaan Penelitian	32
1) Pemeriksaan bahan.....	32
2) Perencanaan campuran beton.....	38
3) Pengujian <i>Slump</i>	38
4) Pembuatan benda uji	39
5) Pengujian Beton dan Baja	40
6) Pengujian kuat Tarik baja.....	40
7) Pengujian kuat tekan beton	41
8) Pengujian kuat lentur balok.....	42

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1) Pengujian Agregat	43
2) Pengujian agregat halus.....	43
3) Pengujian agregat kasar.....	44

4) Pengujian kuat Tarik baja.....	45
5) Pengujian <i>Slump</i>	46
6) Pengujian Kuat Tekan Beton	46
7) Pengujian Kuat Lentur Beton.....	48

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

1) Kesimpulan	51
2) Saran	53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.2.	<i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i> dari <i>Fly Ash</i>	6
Gambar III.1.	Skema pengujian kuat tarik baja	13
Gambar III.2.	Skema pengujian kuat tekan beton	14
Gambar III.3.	Skema pengujian kuat lentur balok.....	15
Gambar III.4.	Skema penulangan balok beton	16
Gambar IV.1.	Air	18
Gambar IV.2.	Agregat kasar (<i>split</i>).....	18
Gambar IV.3.	Agregat halus (Pasir)	19
Gambar IV.4.	Semen <i>Portland</i>	19
Gambar IV.5.	<i>Fly ash</i>	20
Gambar IV.6.	Sodium silikat	20
Gambar IV.7.	Sodium Hidroksida	20
Gambar IV.8.	Tulangan baja.....	21
Gambar IV.9.	Kawat bendrat	21
Gambar IV.10.	Timbangan	22
Gambar IV.11.	Saringan	22
Gambar IV.12.	<i>Vibrator</i>	23
Gambar IV.13.	Cawan	23
Gambar IV.14.	<i>Oven</i>	24
Gambar IV.15.	<i>Heliege tester</i>	24
Gambar IV.16.	Gelas ukur	25
Gambar IV.17.	<i>Picnometer</i>	25
Gambar IV.18.	Kerucut <i>Conus</i> dan <i>Tamper</i>	26
Gambar IV.19.	Mesin <i>Los Angeles</i>	26
Gambar IV.20.	Begisting	26
Gambar IV.21.	Kerucut <i>Abram's</i>	27
Gambar IV.22.	Molen	27
Gambar IV.23.	Bak perendaman	28
Gambar IV.24.	<i>Universal Testing Machine</i>	28
Gambar IV.25.	Alat uji kuat lentur	28

Gambar IV.26. Peralatan Penunjang.....	29
Gambar IV.27. Bagan alir penelitian	32
Gambar IV.28. Test <i>Slump</i>	40
Gambar IV.29. Pengujian kuat Tarik baja	42
Gambar.IV.30. Pengujian kuat tekan beton	43
Gambar IV.31. Pengujian kuat lentur balok	43
Gambar V.1. Grafik kuat Tarik baja.....	46
Gambar V.2. Grafik hubungan antara berat jenis beton normal dan beton <i>geopolymer</i>	48
Gambar V.3. Grafik hubungan antara kuat tekan beton normal dan beton <i>geopolymer</i>	49

DAFTAR TABEL

Tabel V.1.	Hasil pemeriksaan agregat halus	44
Tabel V.2.	Hasil pemeriksaan agregat kasar	45
Tabel V.3.	Hasil pengujian kuat tarik	46
Tabel V.4.	Hasil pengujian nilai <i>slump</i> FAS 0.6	47
Tabel V.5.	Data hasil perhitungan berat jenis beton normal	47
Tabel V.6.	Data hasil perhitungan berat jenis beton <i>geopolymer</i>	48
Tabel V.7.	Data hasil pengujian kuat tekan beton normal	48
Tabel V.8.	Data hasil pengujian kuat tekan beton <i>geopolymer</i>	49
Tabel V.9.	Data hasil pengujian kuat lentur balok beton bertulang	50
Tabel V.10.	Data hasil perhitungan momen secara teoritis	50
Tabel V.11.	Persentase selisih perhitungan dan pengujian	51
Tabel V.12.	Selisih momen lentur analisis	51

DAFTAR NOTASI

A	= Luas permukaan benda uji yang tertekan, (mm^2)
A_s	= Luas tulangan Longitudinal tarik (mm^2)
A'_s	= Luas tulangan longitudinal tekan (mm^2)
A_{st}	= Luas total tulangan longitudinal (mm^2)
$a_{\text{Maks,leleh}}$	= Tinggi a maksimum pada batas tulangan tarik sudah leleh (mm)
$a'_{\text{min,leleh}}$	= Tinggi a maksimum pada batas tulangan tekan sudah leleh (mm)
b	= Lebar benda uji (mm)
C_c	= Gaya tekan beton (N)
D	= Diameter benda uji (mm)
d	= Jarak antara tepi serat beton tekan dan pusat berat tulangan tarik, (mm)
d_d	= Jarak antar tepi serat beton tekann dan pusat berat tulangan tarik pada baris paling dalam (mm)
d'_d	= Jarak antar tepi serat beton tekan dan pusat berat tulangan tekan pada baris paling dalam, (mm)
d_s	= jarak pusat tulangan tarik dan tepi serta beton tarik (mm)
d_{s1}	= Jarak tepi serat beton tarik dan pusat berat tulangan tarik baris pertama (mm)
d_{s2}	= Jarak antara pusat berat tulangan tarik barispertama dan kedua (mm)
d'_s	= Jarak antara tepi serat beton tekan dan pusat berat tulangan tekan (mm)
FAS	= Faktor Air Semen
f'_{cr}	= Kuat tekan rata-rata rencana (MPa)
f'_c	= Kuat tekan beton (MPa)
f_y	= Tegangan leleh baja (Mpa)
f_{maks}	= Tegangan maksimal baja (Mpa)
h	= Tinggi benda uji (mm)
L	= Panjang jarak antar tumpuan (mm)
MHB	= Modulus Halus Butir
M_L	= Momen lentur balok (N.mm)
m	= Nilai Margin
M_{kap}	= Momen lentur rencana balok (N.mm)
P	= Beban uji maksimum (N)

q	= Berat sendiri balok (N/mm)
s	= Standar Deviasi
V	= Volume benda uji (mm^3)
W	= Berat benda uji (gr)
W	= Tahanan momen terhadap penampang (mm^3)
β_1	= faktor pembentuk tegangan beton persegi ekuivalen.
γ_c	= Berat jenis beton (gr/cm^3)
ρ	= rasio tulangan balok

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN 1. Foto Bahan yang Digunakan Untuk Penelitian	L-1
LAMPIRAN 2. Foto Proses Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder	L-2
LAMPIRAN 3. Foto Proses Pengujian Kuat Lentur Uji Balok	L-3
LAMPIRAN 4. Hasil Pengujian Agregat Halus	L-4
LAMPIRAN 5. Hasil Pengujian Agregat Kasar	L-10
LAMPIRAN 6. Pengujian <i>Slump</i>	L-16
LAMPIRAN 7. Perencanaan pembuatan larutan aktivator	L-17
LAMPIRAN 8. Perencanaan Campuran Beton Geopolymer	L-18
LAMPIRAN 9 Perencanaan Campuran Beton normal	L-20
LAMPIRAN SNI	
LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR	

KAPASITAS BALOK BETON *GEOPOLYMER* BERTULANG DENGAN VARIASI DIMENSI TULANGAN

ABSTRAK

Beton *geopolymer* merupakan beton yang menggunakan *fly ash* sebagai bahan dasar perekat pengganti semen. Untuk mempercepat reaksi *fly ash*, ditambahkan *alkaline activator* yang berupa sodium silikat dan sodium hidroksida dengan perbandingan 5:2. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengaplikasikan beton *geopolymer* ke dalam struktur beton bertulang dan juga karakteristik dari pada beton *geopolymer*. Tulangan memanjang balok menggunakan besi D8, D10, D12 dan begel Ø6 dengan jarak 150 mm. *Mix design* beton *geopolymer* mengacu pada penelitian sebelumnya, dan beton normal menggunakan metode dari ACI dengan kuat tekan rencana 20 MPa. Jumlah benda uji meliputi 3 silinder beton normal, 3 silinder beton *geopolymer*, 3 balok beton normal dan 3 balok beton *geopolymer*. hasil pengujian menunjukkan beton normal masih lebih unggul daripada beton *geopolymer*. Berat jenis beton normal 2.261 gr/cm³ sedangkan berat jenis beton *geopolymer* lebih rendah daripada beton normal yaitu 2.125 gr/cm³. Nilai kuat tekan rata-rata beton normal yaitu 18.976 MPa, sedikit di bawah dari perencanaan yaitu 20 MPa. , nilai kuat tekan beton *geopolymer* mencapai 15.864 MPa. Momen maksimal balok beton *geopolymer* bertulang D8 sebesar 10,555 kNm, D10 sebesar 16,030 kNm dan D12 sebesar 25,075 kNm. Selisih momen maksimal tulangan D8 sebesar 4,351 %, D10 sebesar 6,586 % dan D12 sebesar 2,485 %. Dapat disimpulkan bahwa beton kualitas beton normal masih diatas beton *geopolymer*, meskipun beton normal dikatakan tidak ramah lingkungan.

Kata kunci: *alkaline activator*, beton *geopolymer*, beton normal, balok beton *geopolymer*, balok beton normal, *fly ash*.